



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 60142607 A

(43) Date of publication of application: 27.07.85

(51) Int. Cl.

H03H 9/17

(21) Application number: 58246768

(22) Date of filing: 29.12.83

(71) Applicant: NEC CORP

(72) Inventor: HOSHINO SHIGEKI
MIYASAKA YOICHI(54) PIEZOELECTRIC THIN FILM COMPOSITE
OSCILLATOR

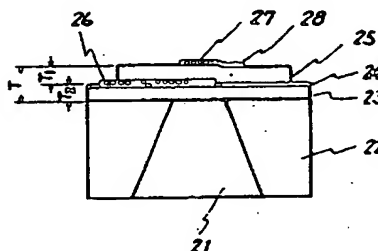
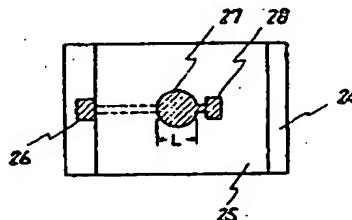
obtained.

COPYRIGHT: (C)1985,JPO&Japio

(57) Abstract:

PURPOSE: To obtain a composite oscillator which is free of spurious response and has excellent characteristics by specifying the thickness ratio between a piezoelectric thin film and a silicon diaphragm and the ratio between the overall thickness and electrode size.

CONSTITUTION: The thickness of the ZnO piezoelectric thin film 25 is denoted as T_1 , and the thickness of the thin layer part of the silicon diaphragm consisting of a silicon thin film 23 and an SiO_2 thin film 24 by doping boron to high concentration is denoted as T_2 ; and the overall thickness of an oscillation part of multilayer structure is T and the diameter of an upper electrode 27 on the oscillation position is L . Then when their ratios are substituted by $X=T_2/T_1$ and $Y=L/T$ so that $Y \geq 10X^2 - 20X + 8.2$ (where $0 < X \leq 0.7$) and $Y \geq 10.3X + 4.4$ (where $0.7 < X < 3.0$), maximum electrode size which does not excite an in-harmonic overtone as spurious response is obtained and excellent characteristics having an oscillation component only near an electrode are



⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭60-142607

⑬ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和60年(1985)7月27日

H 03 H 9/17

7190-5J

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 圧電薄膜複合振動子

⑯ 特 願 昭58-246768

⑰ 出 願 昭58(1983)12月29日

⑱ 発 明 者 星 野 茂 樹 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内

⑲ 発 明 者 宮 坂 洋 一 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内

⑳ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号

㉑ 代 理 人 弁理士 内 原 晋

明 細 書

発明の名称 圧電薄膜複合振動子

特許請求の範囲

シリコン・ダイオキシドの薄層上に絶縁薄膜、電極、ZnO圧電薄膜、電極の順で積層された構造の振動部位をもち、その周縁部をシリコン基板によって支持された厚み振動圧電複合振動子において、ZnO薄膜の厚さを T_1 、シリコン・ダイオキシドの薄層部の厚さを T_2 、多層構造の振動部位全体の厚さを T とし、さらに前記振動部位上の上部電極は円形であり、その直径を L とし、ZnO薄膜とシリコン・ダイオキシドとの厚さの比 T_1/T_2 を X 、全体の厚さと円形電極の直径の比 L/T を Y と置き換えたときに、 X と Y が次式

$$Y \leq 10X^2 - 20X + 8.2 \quad (\text{ただし } 0 < X \leq 0.7)$$

$$Y \leq 10.3X + 4.4 \quad (\text{ただし } 0.7 < X < 3.0)$$

となる関係を有することを特徴とする圧電薄膜複合振動子。

発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は圧電薄膜を用いたVHF、UHF用高周波圧電振動子に関し、特にシリコン・ダイオキシドと圧電薄膜との組み合わせからなる複合構造の振動部位を有する圧電薄膜振動子に関するものである。

(従来技術)

一般に、高周波領域で使用される圧電振動子は振動モードとして板面が厚さに比べて十分広い圧電性薄板の厚み振動が用いられている。

厚み振動の共振周波数は圧電性薄板の厚さに反比例するので高周波帯で使用するためには厚さを薄くしなければならないが、厚さが40ミクロン程度以下になると平行平面研磨などの加工が非常に困難となる。

振動部分の厚さを薄くして50MHz以上の厚み振動圧電振動子を得る方法としては、第1図、第2図の 2 の圧電薄膜振動子が公知である。この圧電薄膜振動子はシリコン基板22の上に新たに

(1)

(2)

シリコン薄膜 23 と絶縁体の薄膜 24 を形成した後、エッチングによってシリコン基板 22 に空孔 21 を形成し、さらに絶縁体薄膜 24 の上に順に下地電極 26、圧電薄膜 25、上部電極 27 を形成することによって製造するもので、一般に非圧電性である薄膜部材 23、24 と圧電薄膜 25 とからなる複合ダイアフラムが周縁部を基板 22 によって支持された構造となっている。

圧電板だけからなる圧電振動子ではすでに実験的にも理論的にも詳しく調べられており、インハーモニック・オーバー・トーン・モードがスプリアスとして励振されないような電極寸法もよく知られている。しかし、従来圧電薄膜を利用した複合振動子においては、圧電板だけからなる圧電振動子についての理論や実験から類推するばかりはなく、その類推が正しいかどうかは確かめられていなかった。

圧電薄膜複合振動子において発振器やフィルタへの応用面から電極寸法はできるだけ大きくすることが必要であるが、電極寸法を増大するとスプ

(3)

部位上の上部電極は円形であり、その直径を L とし、 ZnO 薄膜とシリコン・ダイアフラムとの厚さの比 T_1/T_2 を X 、全体の厚さと円形電極の直径の比 L/T を Y と置き換えたとき X と Y が次式

$$Y \leq 1.0X^2 - 2.0X + 8.2 \quad (\text{ただし } 0 < X \leq 0.7)$$

$$Y \leq 1.03X + 4.4 \quad (\text{ただし } 0.7 < X < 3.0)$$

で表わされる関係を有していることを特徴とする圧電薄膜複合振動子である。

次に本発明について詳細に説明する。

(実施例)

第 1、第 2 図は本発明の振動子の振動部位の基本構造を示している。第 1、第 2 図において、22 は表面が (100) 面であるようなシリコン基板、21 はエッチングによって基板に作製した空孔、23 はホウ素を高濃度にドーブしたシリコン薄膜である。24 は温度補償のために設けられた薄い SiO_2 薄膜、26 は下地電極、25 は ZnO 圧電薄膜、27 は上部円形電極である。

第 1、第 2 図のような複合振動子に対して一例として、以下 ZnO 薄膜 25 とシリコン薄膜 23 の

(5)

リアスが励振されるようになり、特性が悪くなる。よってスプリアスが励振されずできるだけ大きな電極寸法をもつ振動子が実現できれば、非常に実用上大きな効果をもたらす。

(発明の目的)

本発明は上記のような複合振動子において、インハーモニック・オーバー・トーンがスプリアスとして励振されない最大電極寸法をもち、かつ振動成分が電極近傍にだけ存在することができるシリコン・ダイアフラムと圧電薄膜の厚さの比をもち、良好な厚み縦振動特性をもつ複合振動子を実現することを目的としている。

(発明の構成)

本発明はシリコン・ダイアフラムの薄膜上の厚み方向に絶縁薄膜、下部電極、 ZnO 薄膜、上部電極の順に積層された多層構造の振動部位を有し、周縁部をシリコン基板によって支持された厚み振動圧電振動子において ZnO 薄膜の厚さを T_1 、シリコン・ダイアフラムの薄膜部の厚さを T_2 、多層構造の振動部位全体の厚さを T とし、さらに前記振動

(4)

厚さの比が 1 の場合について説明する。

ZnO 薄膜 25 の厚さを T_1 、シリコン薄膜の厚さを T_2 、上部円形電極の直径を L 、複合構造部位の全厚を T とする。複合振動子において全面電極の場合の共振周波数を f_r^0 、反共振周波数を f_s^0 、電極直径が L のときの共振周波数を f_r とする。また複合板の圧電反作用に帰因し突効電気機械結合係数 R_1 に依存する周波数低下量を

$$\Delta = 1 - \frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{16}{\pi^2} R_1^2} \right)$$

とする。この時、この複合振動子の基本厚み縦振動の共振特性を第 3 図に示す。第 3 図は電極直径 L を変化させたときの振動子の規格化された共振周波数の変化を示したものである。第 3 図において、 $\frac{L}{T} \sqrt{\Delta} \approx 1.9$ では $0 \leq \phi \leq 90$ の領域には共振周波数は 1 点 (○印をつけた I 点) しかなく、その場合の振動子の表面の変位 U_s は振動部位中心から端の方へ第 4 図に示したようになり、基本モードだけが電極近傍に閉じ込められ、スプリアスは生じない。一方、 $\frac{L}{T} \sqrt{\Delta} \approx 2.2$ では、 $0 \leq \phi \leq 180$ の領域に共振周波数が 2 点 (□印をつけた J 点) あり、そ

(6)

の場合の2点での振動子の表面の変位 U_1 は振動部位中心から端の方へ、第5図(a)、第5図(b)に示されたようになり、基本モードだけでなく、第5図(c)に示されたような2次のインハーモニック・オーバー・トーンも電極近傍に閉じ込められ、スプリアスとなる。

一般に第3図においてわかるように、 $\frac{L}{T}\sqrt{\Delta}$ の値が大きくなるとインハーモニック・オーバー・トーンが $0 \leq \varphi \leq 1$ の領域に入り、その場合、スプリアスとして励振される。第3図における破線は圧電板だけからなる円形電極をもつ振動子について示したものであり、実線は円形電極をもつ複合振動子の場合を示している。第3図からわかるように同じ $\frac{L}{T}\sqrt{\Delta}$ の値に対しても圧電板だけの場合と複合振動子の場合とで共振周波数が異なり、圧電振動子の結果から複合振動子の場合を予想することはできない。

第3図からわかるように、ある $\frac{L}{T}\sqrt{\Delta}$ の値以下では $0 \leq \varphi \leq 1$ の領域にインハーモニック・オーバー・トーンが存在しなくなるので、その時の値 $\frac{L}{T}\sqrt{\Delta}$

(7)

(1)式で表わされる領域に関する具体的な一例として、ZnOの膜厚 $T_1=3.88\mu\text{m}$ 、Siの膜厚 $T_2=3.80\mu\text{m}$ の複合振動子の特性について述べると、 $\frac{L}{T}$ の値が1.6 ($L=125\mu\text{m}$)の場合を試作した結果、スプリアスが生じない共振特性が得られた。

なお本発明に係る振動子の製造方法の概略は次のとおりである。

表面にボロンドープされたシリコン基板の両面にSi₃N₄保護膜CVDをつけ、フォトリソで異方性エッチングしない部分をおおひ。プラズマエッチングによってレジストがない部分のSi₃N₄膜を除去し、その後エチレンジアミン-ピロカタコール-水の異方性エッチング液でエッチングする。その後リン酸で残りのSi₃N₄膜を除去し、表面にAu/T電極を蒸着づけ、その上にZnO膜をスパッタでつける。その後、AI電極をリフトオフ(リフトオフ)でZnO上につける。

また前述の式はスプリアスの発生しない最大電極寸法の条件であるが、 $Y < 10X^2 - 20X + 8.2$ ($0 < X \leq 0.7$)又は $Y < 10.3X + 4.4$ ($0.7 < X < 3.0$)の範囲でも

(9)

になるような電極寸法にすれば、発振器及びフィルタ等にも使用してもスプリアスが生じない特性が得られることになる。

第6図にZnO薄膜とシリコン薄膜の厚さの比 T_2/T_1 に対する $\frac{L}{T}$ の値を示す。第6図から、スプリアスが生じない最大電極寸法となる時の L_0/T の値は $L_0/T=Y$ 、 $T_2/T_1=X$ とするとほぼ次式で近似できることが明らかである。

即ち、 $Y=10X^2-20X+8.2$ (ただし $0 < X \leq 0.7$)

$Y=10.3X+4.4$ (ただし $0 < X < 3.0$)

また、 $T_2/T_1=3.0$ の場合において、 $\frac{L}{T}=20.0$ の場合、 $0 \leq \varphi \leq 1$ の領域には共振周波数は基本モード1点だけしかないけれども、その時の変位は第7図に示したようになり、振動子に励振される振動変位は電極の外側にも減衰せずに伝播する。このため、振動子を構成するダイアフラムの端の形等が無視できなくなり、良い特性が得られないことがわかる。よって、発振器及びフィルタへ応用する時には複合振動においては、 T_2/T_1 の値を3.0より小さくする必要がある。

(8)

Yの値がそれぞれ $10X^2-20X+8.2$ (あるいは $10.3X+4.4$)に近い場合はスプリアスのない良好な特性が得られる。ただしYが1に近づく範囲では振動子は良好な特性が得られない。

以上述べたように本発明によればスプリアスのない良好な特性の複合振動子が得られ工業的価値も多大である。

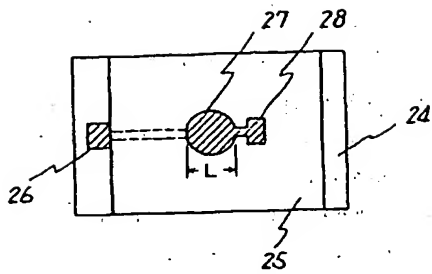
図面の簡単な説明

第1図、第2図はZnO/Si複合振動子の構造を示す図、第3図は振動子において電極寸法を変化した時の共振周波数の変化を示す図、第4図、第5図、第7図は振動子の表面における変位 U_1 の大きさを示す図、第6図はZnO薄膜とSi薄膜の比 T_2/T_1 に対するスプリアスが生じない最大電極寸法Lと振動子の厚さTの比 L_0/T の値を示す図である。

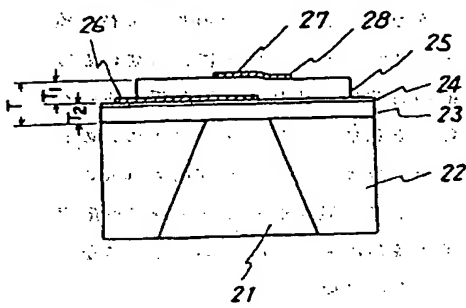
以上の図において22はシリコン基板、23はシリコン薄膜、24はSiO₂薄膜、25はZnO薄膜、26、27、28は電極、21は空孔を示している。

(10) 代理人 弁理士 内原 晋

第 1 図



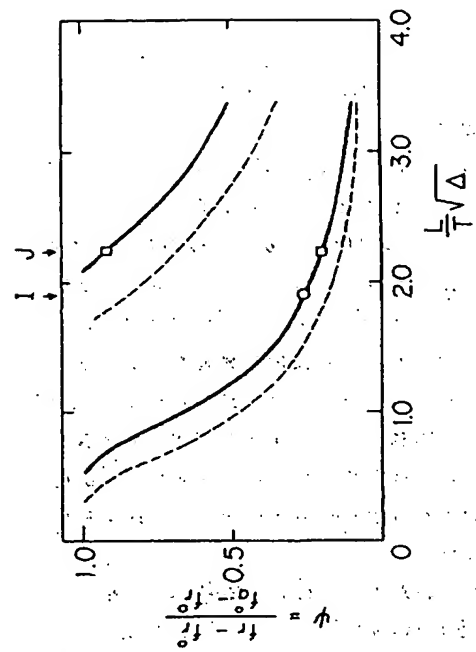
第 2 図



図

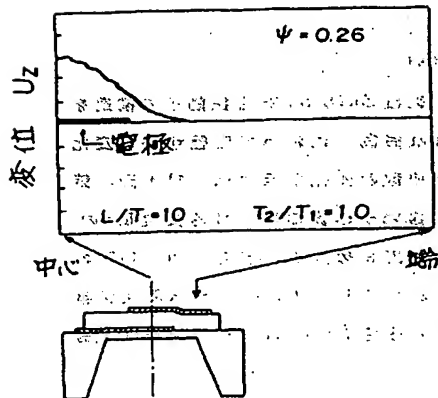
3

第

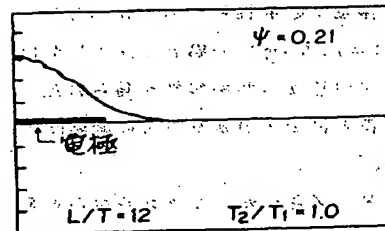


第 5 図

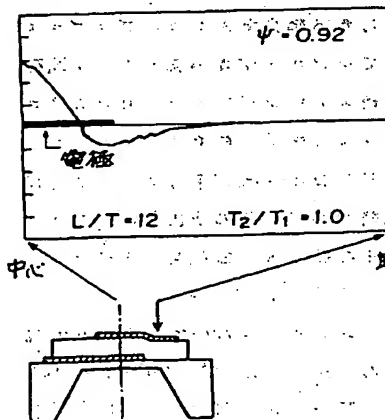
第 4 図



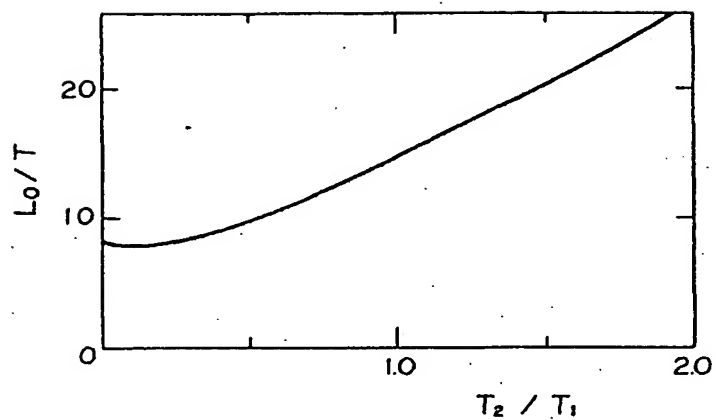
(a)



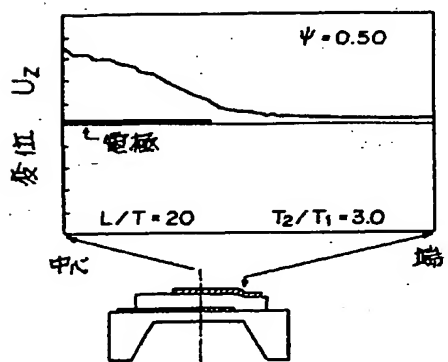
(b)



第 6 図



第 7 図





PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **02013109 A**(43) Date of publication of application: **17.01.90**

(51) Int. Cl.

H03H 3/02
H01L 41/08
(21) Application number: **63163125**(22) Date of filing: **30.06.88**(71) Applicant: **JAPAN RADIO CO LTD**
(72) Inventor: **OHASHI HIROSHI**
TAKEUCHI YOSHIHIKO
(54) **MANUFACTURE OF THIN FILM RESONATOR**

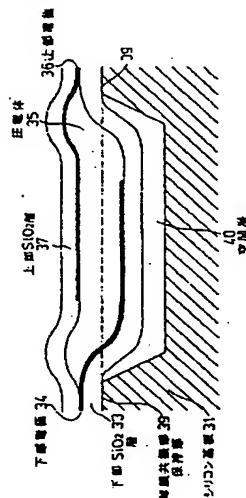
considerably.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio

PURPOSE: To reduce the occurrence of deflection or crack and to form a thin film resonator with high mechanical strength and less deterioration in its characteristic at resonance by dispersing a distortion stress of a thin film resonance part.

CONSTITUTION: A piezoelectric member made of ZnO or the like with electrode materials clipped thereupon and a thin film resonance part whose upper and lower faces are fitted by SiO₂ are separated from a silicon substrate 31 via a space layer 40. Moreover, the thickness of an etching member embedded in a silicon substrate etching part is selected to the etching depth subtracted by nearly a half the thickness of the thin film resonance part to mate the center face of the thin film resonance part nearly with the surface and its prolonged line of the silicon substrate 31. Since the thickness of the electrode thin film is usually sufficiently thinner than that of other thin films, the entire thin film resonance part is nearly symmetrical in the broadwise direction and the distortion stress on the film border is cancelled in the entire multi-layer film thereby reducing the occurrence of deflection or crack



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑪ 公開特許公報(A) 平2-13109

⑫ Int. Cl.³

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成2年(1990)1月17日

H 03 H 3/02
H 01 L 41/08

B 7210-5J

7342-5F H 01 L 41/08

D

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全4頁)

⑭ 発明の名称 薄膜共振子の製造方法

⑮ 特 願 昭63-163125

⑯ 出 願 昭63(1988)6月30日

⑰ 発 明 者 大 橋 寛 東京都三鷹市下連雀5丁目1番1号 日本無線株式会社内
⑱ 発 明 者 竹 内 嘉 彦 東京都三鷹市下連雀5丁目1番1号 日本無線株式会社内
⑲ 出 願 人 日本無線株式会社 東京都三鷹市下連雀5丁目1番1号

明 細 書

1. 発明の名称

薄膜共振子の製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) シリコン基板を異方性エッチングする手段と、該エッチング部分にエッチング材を埋める手段と、その上面において圧電体材料を上部電極と下部電極で挟む手段と、前記上部電極と下部電極をSiO₂層により挟み薄膜共振部を形成する手段と、前記シリコン基板のエッチング部に埋められたエッチング材をエッチングすることにより薄膜共振部とシリコン基板とを分離する手段より成ることを特徴とする薄膜共振子の製造方法。

(2) 請求項第1項の薄膜共振子において、シリコン基板を該薄膜共振子の厚みの1/2より薄くエッチングし、該エッチング部にエッチング材を埋めた後のエッチング部の厚さが前記薄膜共振子の厚みの約1/2としたことを特徴とする薄膜共振子の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は薄膜共振部の内部歪応力を分散する構造を有する薄膜共振子に関する。

(従来の技術とその課題)

従来のこの種の素子を図面により説明する。

第3図は従来のこの種の薄膜共振子の断面図である。11はシリコン基板、12はエピタキシャル層、13はSiO₂層、14は下部電極、15は圧電体材料であるZnO層、16は上部電極である。この種の素子の動作原理は、下部電極14及び上部電極16に高周波信号を加えることにより、圧電体ZnO 15は高周波信号の周期で伸縮を繰り返し、薄膜共振部、即ちエピタキシャル層12、SiO₂層13及び圧電体15の厚さにより共振する。

この種の素子の製造方法は、ボロン等を高濃度ドーピングしたエピタキシャル層12を(100)シリコン基板11上に形成し、このシリコン基板11の裏面を部分的にマスクした後、異方性エ

チング液にてシリコン基板11の裏面よりエピタキシャル層12部分までエッチングを行う。次に、 SiO_2 層13をスパッタリング等で形成し、下部電極14を真空蒸着法及びフォトリソグラフィ技術により形成する。さらにその上に圧電体15をスパッタリング等で形成し、上部電極16を下部電極14と同様に形成することにより製造する。

第4図はこの組の素子の他の例の断面図である。21はシリコン基板、23は下部 SiO_2 層、24は下部電極、25は圧電体、26は上部電極、27は上部 SiO_2 層、28は開口部、29は薄膜共振部保持部である。次にその動作原理は、第1図同様下部電極24及び上部電極26に加えられた高周波信号により、圧電体25は伸縮を繰り返し、薄膜共振部、即ち下部 SiO_2 層23、圧電体25、及び上部 SiO_2 層27の厚さにより共振する。

第4図の構造の製造方法は、開口部28をマスクし、シリコン基板21上に下部 SiO_2 層23、下部電極24、圧電体25、上部電極26及び上部 SiO_2 層27を第3図同様の方法にて形成す

る。次に、マスクされた開口部28より異方性エッチングし素子を製造する。

る。次に、マスクされた開口部28より異方性エッチングし素子を製造する。

ここで、上記製造方法において一般に多層に薄膜を形成する場合、例えばスパッタリング法にて形成する場合では基板温度は約600°Cになり、これを室温(約25°C)に戻すと熱膨張差のため薄膜界面には歪応力が発生する。第3図の構造では薄膜共振部は厚み方向に非対称であり、また第4図の構造では薄膜共振部は厚み方向に対称であるが、薄膜共振部保持部29では非対称である。このように、第3図、第4図のように従来の薄膜共振子ではいずれも厚み方向に非対称な部分がある。厚み方向に非対称であると、膜界面の歪応力が多層膜全体として打ち消されず破壊しやすい欠点があった。

上記した薄膜共振子では、素子作製時に蓄積する内部応力により、薄膜共振部にたわみ、クラックの発生を充分低減させることは難しかった。

(課題を解決するための手段)

本発明は、上記問題点を解決するため、薄膜共

(実施例)

上記問題点を解決するためになされた本発明の薄膜共振子の実施例を第1図の断面図により詳細に説明する。31はシリコン基板、33は下部 SiO_2 層、34は下部電極、35は圧電体、36は上部電極、37は上部 SiO_2 層、39は薄膜共振部保持部、40は薄膜共振部とシリコン基板を分離する空間層である。

本発明の素子を動作させるためには、下部電極34と上部電極36の間に高周波信号を加えることにより、圧電体35は高周波信号の周期で伸縮を繰り返し、薄膜共振部、即ち下部 SiO_2 層33、圧電体35及び上部 SiO_2 層37の厚さにより共振する。

本発明の製造方法を第2図にて説明する。(100)シリコン基板31裏面の一部をマスクした後、異方性エッチングを行う(a)。エッチ

ングされる形状は、(100)シリコン基板31の場合、下方を向いた低角55度の四角錐台をなす。薄膜共振部を形成するためシリコン基板31のエッチング部を ZnO 等後で容易にエッチング出来る材料(エッチング材)にて埋める(b)。この厚さは、エッチング深さから薄膜共振子の厚さの約1/2を引いた厚さにする。下部 SiO_2 層33をスパッタリング等にて形成し、下部電極34を真空蒸着法及びフォトリソグラフィ技術にて形成する(c)。圧電体35をスパッタリング等で形成し、エッチング法等でパターンニングする(d)。上部電極36を下部電極34同様に形成し、上部 SiO_2 層37をスパッタリング等にて形成する(e)。薄膜共振部をマスクし、下部 SiO_2 層33及び、上部 SiO_2 層37をフッ酸等にてエッチングし、シリコンエッチング部に埋められた ZnO 等エッチング材の端面を露出させる(f)。シリコンエッチング部に埋められたエッチング材の ZnO 層を希釈した塩酸等にてエッチングし薄膜共振部とシリコン基板を分離する空間

層40を形成する(8)。この時、電極材料により挟まれたZnO等圧電材料及びさらにその上下面をSiO₂により挟んだ薄膜共振部は空間層40によりシリコン基板31と分離され構成される。また、シリコン基板エッチング部に埋められるエッチング材の厚さをエッチング深さから薄膜共振部の厚さの約1/2を引いた厚さにすることにより、薄膜共振部の中心面をシリコン基板31の表面及びその延長線とほぼ同一にすることができる。

この様に製造すると、通常電極薄膜の厚さは他の薄膜と比較し充分薄いので、薄膜共振部の全体は厚み方向にほぼ対称となり膜界面の歪応力が多層膜全体では打ち消し、たわみ、クラックの発生を著しく低減できる。

またここではZnO等圧電体の上下面をSiO₂層にて挟んだ構造のものを示したが、特に上下のSiO₂層の無い薄膜共振部を持つ薄膜共振子にても同様にたわみ、クラックの発生を著しく低減できるのは明かである。

(発明の効果)

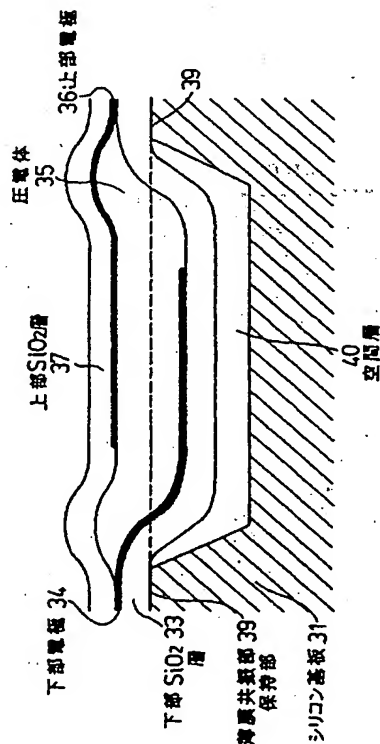
以上説明したように、本発明による薄膜共振子は薄膜共振部の歪応力を分散させる構造及び製造法なので、従来問題となっていた、たわみ、クラック等の発生を著しく低減させる効果があり、機械的強度の高い、共振時の特性劣化の少ない薄膜共振子を提供できる。

4. 図面の簡単な説明

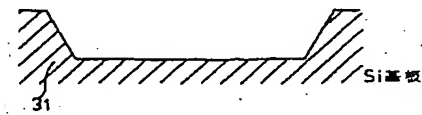
第1図は本発明の薄膜共振子の断面図、第2図は本発明の薄膜共振子の製造法の説明図、第3図及び第4図は従来の薄膜共振子の断面図である。
11, 21, 31... Si基板、12... エピタキシャル層、13... SiO₂層、14, 24, 34... 下部電極、15, 25, 35... 圧電体、16, 26, 36... 上部電極、23, 33... 下部SiO₂層、27, 37... 上部SiO₂層、28... 開口部、29, 39... 薄膜共振部保持部、40... 空間。

特許出願人 日本無線株式会社

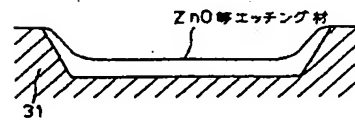
第1図



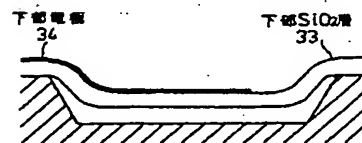
第2図
(a)



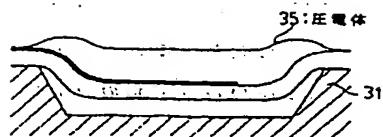
(b)



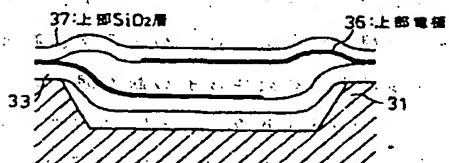
(c)



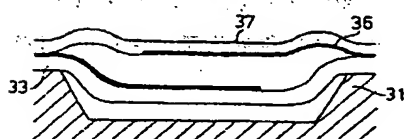
第2図
(d)



(e)

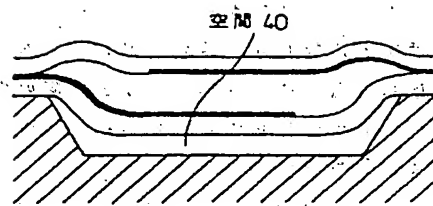


(f)

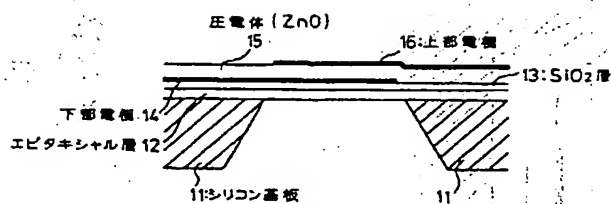


第2図

(g)



第3図



第4図

